





La herencia materna del sistema inmune

Gerardo Soto-Portilla

Estudiante de Doctorado en Neuroetología, UV. gerardsotop@gmail.com

Paola Fernanda González-Nieto

Estudiante de Doctorado en Neuroetología, UV.

pglez5@hotmail.com

Mayvi Alvarado-Olivarez

Instituto de Neuroetología, UV malvarado@uv.mx

<https://doi.org/10.25009/pc.v1i4.134>



Resumen

La herencia materna del sistema inmune se establece durante la gestación y se fortalece con la lactancia materna. Durante el embarazo, la madre transfiere anticuerpos y nutrientes esenciales al feto a través de la placenta y el cordón umbilical, lo que ayuda al desarrollo del sistema inmune del bebé. La forma de nacimiento (parto natural o cesárea) influye en la composición inicial de la microbiota del bebé, afectando su sistema inmunológico. La lactancia materna proporciona anticuerpos y células inmunitarias que protegen al bebé contra infecciones y enfermedades, y promueve el desarrollo de una microbiota intestinal saludable. Estos factores son cruciales para la maduración del sistema inmune y la protección del bebé en sus primeros meses de vida.

Palabras clave: herencia materna, sistema inmune, microbiota, forma de nacimiento.

Abstract

Maternal inheritance of the immune system is established during gestation and strengthened by breastfeeding. During pregnancy, the mother transfers antibodies and essential nutrients to the fetus through the placenta and umbilical cord, aiding the development of the baby's immune system. The mode of birth (natural delivery or cesarean section) influences the initial composition of the baby's microbiota, affecting their immune system. Breastfeeding provides antibodies and immune cells that protect the baby against infections and diseases, and promotes the development of a healthy gut microbiota. These factors are crucial for the maturation of the immune system and the baby's protection in the first months of life.

Keywords: maternal inheritance, immune system, microbiota, birth form.

La gestación

En la gestación se crea una conexión entre la madre y el feto, la cual es regulada fisiológicamente a través de la circulación sanguínea en la placenta, así como en el cordón umbilical, esencial para el desarrollo y metabolismo fetal. Así se produce una serie de cambios como el reconocimiento del embrión por parte del sistema inmune de la madre, teniendo lugar la participación del llamado complejo principal de histocompatibilidad (CPH, por sus siglas en inglés). Posteriormente, el feto comienza la formación de la médula ósea y el timo, que son órganos primarios que dan origen a células inmunes caracterizadas por completar su maduración y diferenciación en órganos secundarios como el bazo y los nódulos linfáticos.

Durante la gestación se inicia la activación y producción de células sanguíneas (glóbulos rojos, blancos y plaquetas), proceso llamado hematopoyesis, el cual se lleva a cabo de la tercera a la quinta semana en los islotes sanguíneos del saco vitelino y en el mesénquima paraaórtico; posteriormente, durante la sexta semana, se realiza directamente en el hígado del feto, mientras que a partir de los tres meses de gestación, la hematopoyesis ocurre en la médula ósea, siendo el sitio encargado de producir las células sanguíneas desde ese momento hasta la etapa adulta. Cabe señalar que existen otros órganos del sistema inmune importantes para la maduración celular y la respuesta inmunitaria adaptativa, como el timo y el bazo.

En esta conexión materno-fetal, tanto la placenta como el cordón umbilical transfieren nutrientes importantes, entre los que se encuentran: proteínas, ácidos grasos, carbohidratos y anticuerpos. Estos últimos glicoproteínas especiales que forman parte de la defensa del sistema inmune adaptativo, nombradas técnicamente como inmunoglobulinas "Ig", son proteínas que de manera funcional participan como anticuerpos. Uno de los anticuerpos que se expresa en la mayoría de los tejidos biológicos es la inmunoglobulina denominada de tipo G "IgG", la cual tiene la función principal de combatir infecciones virales y bacterianas, esencial durante los primeros meses de vida, ya que es una etapa susceptible a infecciones, debido a que el sistema inmune continúa en desarrollo.





Nacimiento: parto natural vs cesárea

La forma de nacimiento de los bebés puede ser de manera natural a través del tracto vaginal o por un proceso quirúrgico a través de la cesárea y se ha mostrado que impacta en la salud materno-neonatal, lo cual ha sido objeto de estudio con relación al efecto de la microbiota materna en el estado de salud y la predisposición a enfermedades a lo largo de la vida. Por ejemplo, en el caso de “la microbiota”, conjunto de microorganismos que habitan en cualquier parte de nuestro cuerpo, específicamente la microbiota que se localiza en el tracto gastrointestinal, consta de microorganismos que desempeñan un papel crucial en la absorción de nutrientes por medio de los alimentos, en la síntesis de vitaminas favoreciendo a la digestión, así como en la defensa contra microorganismos patógenos, cumpliendo con la función inmunológica.

Durante el parto natural, el recién nacido entra en contacto directo con la microbiota vaginal materna, adquiriendo de esta forma los microorganismos presentes en la vagina. Estos microorganismos colonizan rápidamente la piel y el tracto gastrointestinal del recién nacido, influyendo en la colonización y establecimiento de su propia microbiota. Además, se ha observado que los recién nacidos por vía vaginal pueden tener una microbiota más diversa y equilibrada que los nacidos por cesárea.

Los recién nacidos por cesárea no adquieren la microbiota vaginal y tienen una mayor probabilidad de adquirir microorganismos del material quirúrgico y del ambiente hospitalario. Debido a esto, la microbiota tiene un perfil diferente en comparación con la de un recién nacido por vía vaginal. Además, el proceso de colonización microbiana se retrasa en recién nacidos por cesárea, lo que puede afectar la maduración del sistema inmunológico y aumentar el riesgo de enfermedades.

La microbiota materna también puede influir en la nutrición del bebé a través de la lactancia materna, ya que la leche materna contiene una diversidad de microorganismos beneficiosos, como bacterias probióticas, que pueden colonizar el tracto gastrointestinal del bebé y promover el desarrollo de la microbiota durante los primeros meses de vida.

Es importante destacar que, si bien la forma de nacimiento puede influir en la composición inicial de la microbiota del bebé, esta no determina por completo su desarrollo a largo plazo. La microbiota puede modificarse a lo largo de la vida con la exposición a factores como la alimentación, el ambiente, el uso de medicamentos, la actividad física y las enfermedades crónicas.

Un mundo nuevo: estrategias de supervivencia



Después del nacimiento, el sistema inmune de los bebés debe tener una mayor amplitud de respuesta ante la diversidad de microorganismos infecciosos o sustancias nocivas que pueden causar algún daño. Es así como, considerando las respuestas que ejecuta el sistema inmune, se clasifica en innato y adaptativo. La inmunidad innata representa la adquisición de protección a partir de la gestación; en cambio, la adaptativa es la respuesta inmune por parte de órganos como el bazo y el timo que se encuentran especializados para enfrentar una amenaza de manera específica y con capacidad de memoria.

Al mencionar la inmunidad innata, no podemos dejar de lado a la sangre, ya que los componentes celulares del fluido sanguíneo migran desde la médula ósea a través de la circulación, para después madurar en órganos específicos. Este es el caso de los llamados leucocitos o glóbulos blancos, mismos que se clasifican en neutrófilos, basófilos y eosinófilos, los cuales tienen funciones específicas contra bacterias, hongos o parásitos, entre otros. Son células que circulan en cualquier parte de nuestro cuerpo, a excepción del sistema nervioso.

El ambiente fetal, si bien proporciona algunas herramientas para la defensa del individuo, estas no están del todo desarrolladas. Así que durante el nacimiento ocurren cambios importantes, como pasar de estar en un ambiente libre de patógenos a estar en un ambiente colonizado por sustancias



y microorganismos patógenos ante los cuales no estamos preparados. Una vez que sucede esto, el sistema inmune comienza a elaborar una serie de mecanismos fisiológicos que, con ayuda de órganos como la médula ósea, el bazo y el timo, hacen sinergia para preparar al individuo ante amenazas externas que pudieran dañar su salud.

En el país de los anticuerpos

En los humanos, la etapa de lactancia es definitiva porque terminan de madurar algunos sistemas, tal es el caso del sistema inmune, que constituye una barrera anatómica y química contra agentes internos y externos, como microorganismos, alérgenos y sustancias químicas.

Durante los primeros meses de vida, los bebés dependen de los anticuerpos presentes en la leche materna, ya que son los responsables de promover inmunidad ante diferentes enfermedades. Estos anticuerpos son transferidos en la leche materna. Los anticuerpos, también conocidos como inmunoglobulinas Ig, son proteínas especiales, que son elaboradas por el sistema inmunológico para ayudar a combatir infecciones de manera específica, esta especificidad confiere la capacidad evolutiva y adaptativa en el reconocimiento de patrones moleculares asociados con patógenos (PAMPs, por sus siglas en inglés).

Estas proteínas reconocen y se unen a sus-

tancias extrañas, como bacterias y virus, y trabajan en conjunto con otros componentes del sistema inmunológico para neutralizar y eliminar estas amenazas. Cada tipo de anticuerpo está diseñado para responder a un tipo específico de invasor, y el sistema inmunológico produce una amplia variedad de anticuerpos para combatir diferentes tipos de patógenos.

La madre transfiere los anticuerpos al bebé a través de la leche, brindándole protección adicional durante los primeros meses de vida. La inmunoglobulina A (IgA) es especialmente importante porque proporciona una defensa inmediata en zonas que producen moco, como el tracto digestivo y el sistema respiratorio, que son las principales puertas de entrada para muchos patógenos. El bebé al recibir la inmunoglobulina IgA a través de la leche, obtiene una barrera de protección en estas áreas anatómicas, lo que reduce el riesgo de infecciones y enfermedades crónicas no transmisibles.

En el caso de la inmunoglobulina G (IgG), es un tipo de anticuerpo que desempeña un papel fundamental en el sistema inmunológico de los bebés. Se trata de una proteína producida por el sistema inmunitario en respuesta a la presencia de antígenos bacterianos, virales, parasitarios, entre otros. Durante el desarrollo fetal, se recibe una forma pasiva de inmunidad a través de la placenta. La madre transfiere sus anticuerpos IgG al feto a través de la circulación sanguínea.

Los anticuerpos maternos brindan protección al bebé durante los primeros meses de vida, ayudando a combatir infecciones y enfermedades a largo plazo.

La IgG es el único tipo de anticuerpo que puede cruzar la barrera placentaria y proporcionar inmunidad pasiva al feto en desarrollo. Esta transferencia de anticuerpos maternos ocurre principalmente durante el tercer trimestre del embarazo, alcanzando niveles máximos justo antes del nacimiento. La cantidad de IgG transferida varía según los componentes genéticos, alimenticios, higiénicos, historia clínica y de vacunación. Después del nacimiento, los niveles de IgG en el bebé comienzan a disminuir gradualmente a medida que se desgastan los anticuerpos maternos transferidos. Sin embargo, a medida que el sistema inmunológico del bebé madura, comienza a producir sus propios anticuerpos IgG en respuesta a los antígenos a los que se expone.

La presencia de IgG en los bebés es esencial para protegerlos contra infecciones y proporcionarles inmunidad pasiva mientras su propio sistema inmunológico se desarrolla. Estos anticuerpos pueden neutralizar toxinas y microorganismos, ayudando a la opsonización (eliminación) de patógenos y a activar otras respuestas inmunitarias. Es importante tener en cuenta que los bebés prematuros o aquellos que no reciben suficiente transferencia de IgG materna pueden estar en mayor riesgo de infecciones, ya que su sistema inmunológico se encuentra debilitado.

Lactancia materna

Con base en la Organización Mundial de la Salud (OMS), la lactancia debe ser exclusiva durante los primeros seis meses de vida para contribuir con el adecuado crecimiento y desarrollo del bebé (OMS, 2024). La leche materna es una fuente de proteínas, ácidos grasos, carbohidratos, anticuerpos, células inmunitarias y otros componentes del sistema inmune que brindan una completa protección.

Estos nutrientes trabajan en conjunto para fortalecer el sistema inmunológico del bebé, ayudándole a combatir las infecciones y enfermedades, tanto a corto como a largo plazo. Además de los anticuerpos, la leche materna también contiene células inmunitarias como los linfocitos, macrófagos y células dendríticas. Estas células desempeñan un papel vital en la respuesta inmunitaria del bebé, al identificar y combatir los agentes patógenos. También se ha descrito que la leche materna contiene factores de crecimiento y prebióticos que promueven el desarrollo de una microbiota intestinal que favorece la salud del bebé, lo cual fortalece la función de los órganos que componen el sistema digestivo.

La lactancia materna no solo protege al bebé a corto plazo, sino que también tiene beneficios a largo plazo en su salud. Los estudios han mostrado que los bebés amamantados tienen un menor riesgo de de-



sarrollar enfermedades infecciosas de tipo respiratorio, gastrointestinal y de oído. Además, se ha observado una reducción en el riesgo de enfermedades crónicas, como alergias, asma, obesidad y diabetes tipo 2 en la edad adulta. Es importante destacar que la lactancia materna no solo beneficia al bebé, sino también a la madre. La lactancia estimula la liberación de hormonas que ayudan en la recuperación posparto, reduce el riesgo de hemorragia uterina y promueve el vínculo emocional entre madre e hijo.

Beneficios de los anticuerpos para los lactantes

La presencia de anticuerpos en la leche materna confiere varios beneficios a los bebés lactantes, estos incluyen protección contra infecciones. Los anticuerpos transmitidos a través de la leche materna ayudan a proteger al bebé contra una amplia gama de infecciones, como las respiratorias y gastrointestinales. Esto es especialmente valioso en



los primeros meses de vida, cuando el sistema inmunológico del bebé todavía está en desarrollo.

En este sentido, el fortalecimiento del sistema inmunológico se debe a los anticuerpos recibidos a través de la lactancia materna, que también pueden estimular y fortalecer el sistema inmunológico del bebé, ayudándolo a desarrollar sus propias defensas contra las enfermedades a medida que crece. Se ha observado que los bebés lactantes tienen un menor riesgo de desarrollar alergias gracias a los anticuerpos presentes en la leche materna. Estos anticuerpos ayudan a entrenar el sistema inmunológico del bebé para reconocer y tolerar sustancias potencialmente alergénicas.

Las alergias en los bebés se refieren a las reacciones inmunológicas anormales que ocurren cuando su sistema inmunológico responde de manera exagerada a sustancias normalmente inofensivas, como alérgenos ambientales (polen, ácaros del polvo, pelo de animales, entre otros) así como a una diversidad de alimentos de consumo cotidiano como a la leche de vaca, los huevos, los cacahuets, entre los más comunes. Incluso, pueden llegar a presentar reacción alérgica ante ciertos medicamentos. Los síntomas de las alergias en los bebés pueden incluir erupciones cutáneas, picazón, congestión nasal, dificultad para respirar e incluso reacciones más graves.

Las alergias de los bebés pueden desencadenarse cuando el sistema inmune falla en algún nivel de reconocimiento por parte de las células secretoras de citocinas tipo 2, mastocitos, basófilos y los eosinófilos. Por lo tanto, aunque sean partículas que normalmente no representan un riesgo para la salud, en el caso de los bebés con respuesta alérgica, pueden ser mortales. Cabe señalar que las alergias tienen un componente hereditario por lo que aquellos bebés con antecedentes familiares con alergias son más susceptibles a desarrollarlas.



Conclusión

Hemos presentado un panorama general de cómo el sistema inmune influye en etapas importantes del desarrollo, como la gestación y la lactancia, creando una defensa a través de procesos biológicos como la forma de nacimiento y la nutrición materna, los cuales favorecen la maduración de órganos especializados en la respuesta inmunológica de los bebés.

La formación y consolidación del sistema inmune en edades tempranas del desarrollo puede influir en la aparición de enfermedades alérgicas y autoinmunes en la adultez, impactando en la calidad y el estado de salud de las personas. Esto puede provocar daños colaterales que afecten a otros órganos y sistemas dependientes de la respuesta del sistema inmune.

Por ello, es importante que las madres se alimenten saludablemente durante y después del embarazo, con el fin de proporcionar los nutrientes esenciales que favorezcan la salud de la madre y del bebé. Además, se recomienda llevar a cabo la lactancia materna de manera exclusiva durante los primeros seis meses de vida y complementarla con alimentos sólidos hasta los dos años, según lo recomienda la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), con el propósito de fortalecer la protección inmunológica en las primeras etapas de la vida.

Agradecimientos

Agradecemos a las y los lectores de este artículo por su interés en ampliar su conocimiento y curiosidad en el tema de la inmunidad del desarrollo. Las y los invitamos a seguir despertando su curiosidad por la ciencia.

Bibliografía sugerida

- Davis, E. C., Castagna, V. P., Sela, D. A., Hillard, M. A., Lindberg, S., Mantis, N. J., Seppo, A. E., y Järvinen, K. M. (2022). Gut microbiome and breast-feeding: Implications for early immune development. *The Journal of allergy and clinical immunology*, 150(3), 523–534. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2022.07.014>
- Simon, A. K., Hollander, G. A., y McMichael, A. (2015). Evolution of the immune system in humans from infancy to old age. *Proceedings. Biological sciences*, 282(1821), 20143085. <https://doi.org/10.1098/rspb.2014.3085>
- Yu, J. C., Khodadadi, H., Malik, A., Davidson, B., Sallés, É. D. S. L., Bhatia, J., Hale, V. L., y Baban, B. (2018). Innate Immunity of Neonates and Infants. *Frontiers in immunology*, 9, 1759. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2018.01759>
- Zhou, L., Qiu, W., Wang, J., Zhao, A., Zhou, C., Sun, T., Xiong, Z., Cao, P., Shen, W., Chen, J., Lai, X., Zhao, L. H., Wu, Y., Li, M., Qiu, F., Yu, Y., Xu, Z. Z., Zhou, H., Jia, W., Liao, Y., y He, Y. (2023). Effects of vaginal microbiota transfer on the neurodevelopment and microbiome of cesarean-born infants: A blinded randomized controlled trial. *Cell host & microbe*, 31(7), 1232–1247.e5. <https://doi.org/10.1016/j.chom.2023.05.022>